

菏泽市一次暴雨天气过程气候评价

陈楠

山东省菏泽市气象局, 山东 菏泽

收稿日期: 2024年2月20日; 录用日期: 2024年3月20日; 发布日期: 2024年3月27日

摘要

本文利用高空图、地面图、自动气象站观测资料、雷达资料、卫星云图资料、NCEP再分析资料, GRAPES、NCEP、上海中尺度、EC细网格等数值预报模式产品资料, 对2021年9月18~19日菏泽市出现的一次区域暴雨过程进行了诊断、分析和气候评价。结果表明: 受高空槽和低空急流共同影响, 9月18日到19日菏泽市自西向东出现暴雨局地大暴雨天气。9月18~19日暴雨过程中, 500 hPa菏泽市处在副高边缘、高空槽东移、850 hPa低涡切变线东移北抬, 地面倒槽发展成气旋, 受气旋影响, 出现大风天气, 气旋中心穿过山东。天气雷达回波图能准确地反映天气系统的移动、发展情况, 数值预报产品对强降水的预报具有一定的指导作用。这次暴雨过程造成了内涝灾害, 就降水量和暴雨影响范围而言, 降水范围大, 受前期几次强降水的影响已造成多条内河河流超过警戒水位, 对农业生产和多项基础设施造成了严重的影响。

关键词

暴雨, 水汽条件, 天气过程, 气候评价, 菏泽市

Climate Assessment of a Rainstorm Weather Process in Heze City

Nan Chen

Shandong Heze Meteorological Bureau, Heze Shandong

Received: Feb. 20th, 2024; accepted: Mar. 20th, 2024; published: Mar. 27th, 2024

Abstract

In this paper, a regional rainstorm process that occurred in Heze City from September 18 to 19, 2021 is diagnosed, analyzed and evaluated by using altitude map, ground map, automatic weather station observation data, radar data, satellite cloud image data, NCEP reanalysis data, GRAPES, NCEP, Shang-

hai mesoscale, EC fine grid and other numerical prediction model product data. The results show that from September 18 to 19, rainstorm local heavy rainstorm weather occurred in Heze from west to east due to the influence of the high empty trough and the lower jet. During the rainstorm on September 18~19, the 500 hPa Heze City was located at the edge of the subtropical high, the upper trough moved east and the 850hPa low vortex shear line moved east and north, and the surface trough developed into a cyclone. Under the influence of the cyclone, strong winds occurred, and the center of the cyclone passed through Shandong Province. The weather radar echo map can accurately reflect the movement and development of weather systems, and numerical forecasting products have a certain guiding role in predicting heavy precipitation. This rainstorm process caused water-logging disaster. In terms of precipitation and the impact range of rainstorm, the precipitation range is large. Affected by several heavy rains in the early stage, several inland rivers have exceeded the warning water level, which has caused a serious impact on agricultural production and many infrastructures.

Keywords

Rainstorm, Water Vapor Condition, Weather Process, Climate Assessment, Heze City

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候日趋变暖的背景下,近年来我国气候复杂多变,各地极端天气气候事件和气象灾害发生频繁[1]。暴雨是我国主要气象灾害之一,中国是个多暴雨的国家。菏泽市属于温带大陆性季风气候,受季风环流影响,四季分明,气温变化大,降水时空分布不均[2],夏季多雨,且以雷阵雨、暴雨为主。菏泽市也是受暴雨影响较为严重的地区之一。暴雨具有较强的突发性,具有强度大、持续时间长的特点,导致暴雨经常引发程度不同的地质灾害及洪涝灾害,对人民生命财产安全造成严重的损失。暴雨会造成城市内涝、水库塌坝、江河横溢、房屋倒塌、农田淹没、电力通讯和交通中断等危害,暴雨灾害给经济社会的发展造成了严重的后果,同时也对人民群众的生命财产和工农业生产造成了严重的损失[3][4]。因此,掌握暴雨的成因及如何进行应急服务,对提高暴雨预报准确率、减少因暴雨天气所造成的损失有着十分重要的意义。本文对2021年9月18~19日菏泽市出现的一次区域暴雨过程进行了诊断、分析和气候评价,为以后的暴雨预报提供有效的参考[5]。

2. 天气实况

受高空槽东移和低涡切变线的共同影响,9月18日08时至20日08时菏泽市出现了大到暴雨,局部大暴雨天气,平均降水量81.69 mm,其中,牡丹区142.2 mm,鄄城135.9 mm,郓城100.7 mm,东明140.4 mm,定陶93.3 mm,巨野94.3 mm,曹县37.4 mm,成武47.5 mm,单县31.7 mm,据全市各乡镇区域气象站记录显示,有54个镇街雨量超过100 mm,最大降水量出现在东明武胜桥站,为167.7 mm,降水分布呈现西部北部县区多、东部南部县区少的特征。此次降水过程全市极大风速为10.8 m/s,出现在东明沙窝,见图1。

由图2可知,此次降水过程的特点是持续时间长,小时雨强弱,对流不明显,以稳定性降水为主,累积雨量大。小时雨强一般在5~15 mm,最大小时雨强为20.9 mm(18日17时)。降水主要集中时段为18日夜间到19日白天。

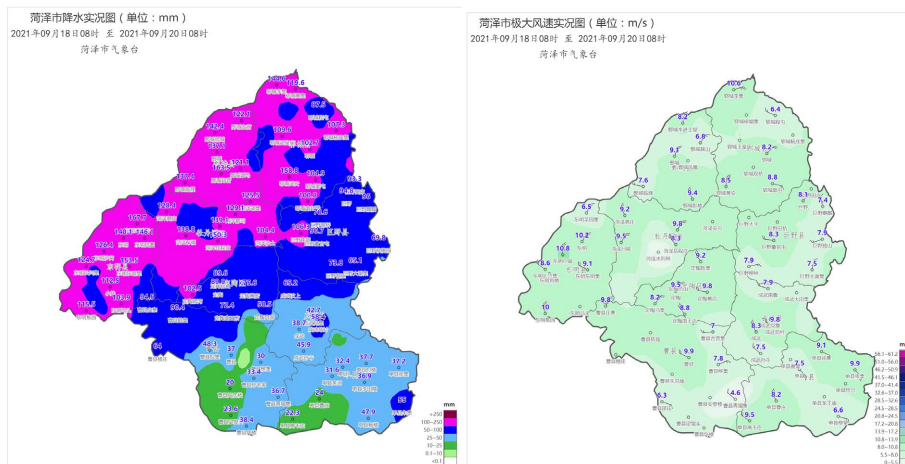


Figure 1. Accumulated precipitation and maximum wind speed in Heze City from 08:00 on September 18, 2021 to 08:00 on September 20, 2021

图 1. 2021 年 9 月 18 日 08 时~20 日 08 时菏泽市累计降水量和极大风速

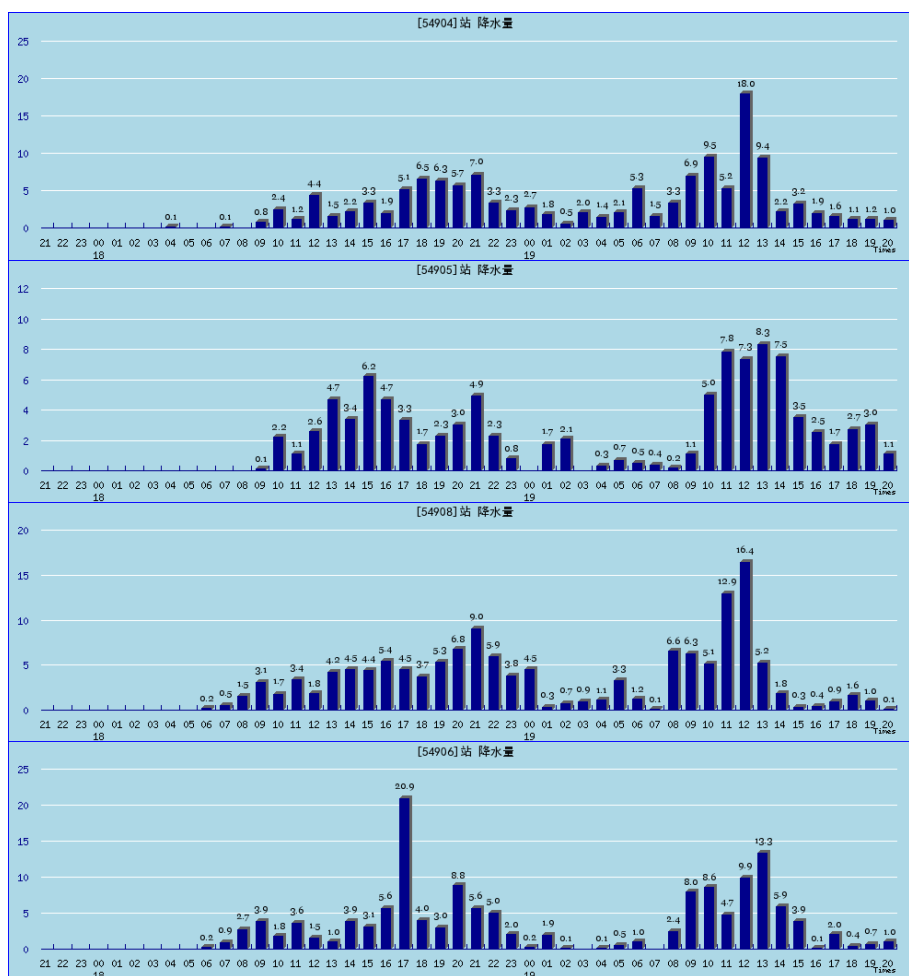


Figure 2. Time series of hourly precipitation at observation stations in Juancheng, Yuncheng, Dongming, and Heze from 08:00 on September 18, 2021 to 08:00 on September 20, 2021 (mm)

图 2. 2021 年 9 月 18 日 08 时至 9 月 20 日 08 时鄄城、郓城、东明、菏泽观测站小时降水量时间序列(毫米)

3. 预报预警与服务情况

9月17日以《重要天气预报》的形式菏泽市气象台对外发布“预计18日白天至19日夜间，我市有一次大到暴雨过程并伴有大风。降雨时段主要集中在18日夜间到19日夜间，过程降雨量40~70毫米，局部100毫米以上，1小时最大降水量20~30毫米。雨量分布从西北向东南逐渐减小。19日夜间阵风6~7级，气温下降，20日降雨结束”。短期预报于15日提前72小时、16日提前48小时、17日提前24小时对外发布：19日白天到夜间大到暴雨局部大暴雨。菏泽市气象台2021年09月18日17时20分发布暴雨蓝色预警信号。菏泽市气象台2021年09月18日17时27分发布大风蓝色预警信号。菏泽市气象台2021年09月19日13时19分将暴雨蓝色预警信号升级为暴雨橙色预警信号。

以上预报、预警，及时服务到市委、市政府、市防汛指挥部及有关部门和社会公众。预报准确，服务主动及时，取得很好的效果。

4. 天气形势

4.1. 500 hPa 形势分析

由图3可以看出，500 hPa副高强大，位于东部沿海，其588线与大陆高压脊叠加，阻挡西风槽东移。西风槽维持少动，在缓慢东移的过程中，西风槽槽前长时间维持20米/秒的偏西南急流，为菏泽市的暴雨提供了充足的水汽条件[6]。

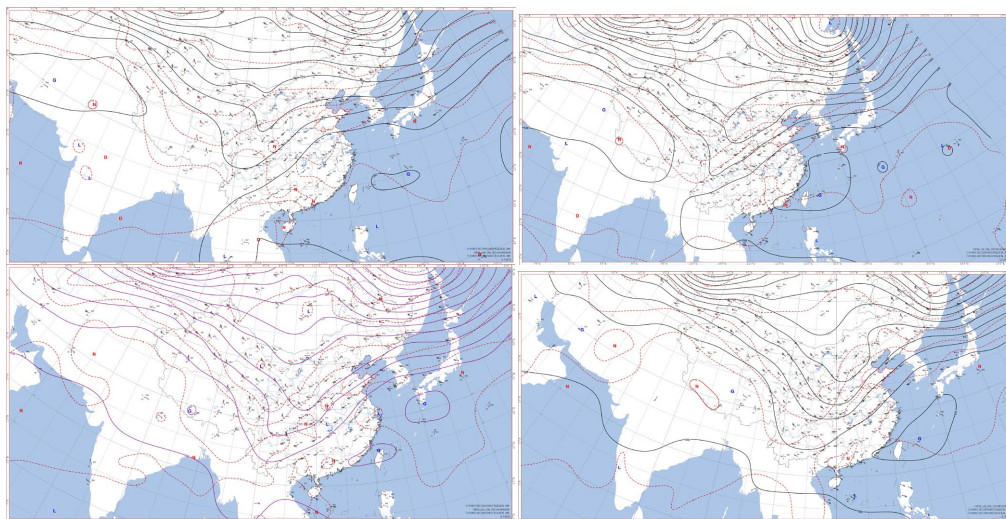
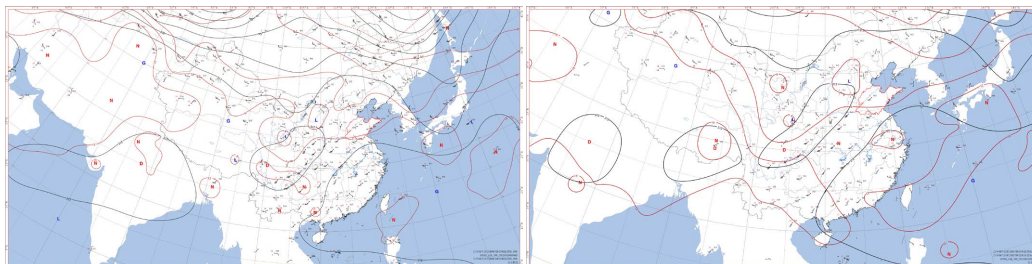


Figure 3. 500 hPa situation maps at 08:00 on September 18, 20:00 on September 18, 08:00 on September 19, and 20:00 on September 19, 2021

图3. 2021年9月18日08时、18日20时、19日08时、19日20时500 hPa形势图

4.2. 700 hPa 形势分析



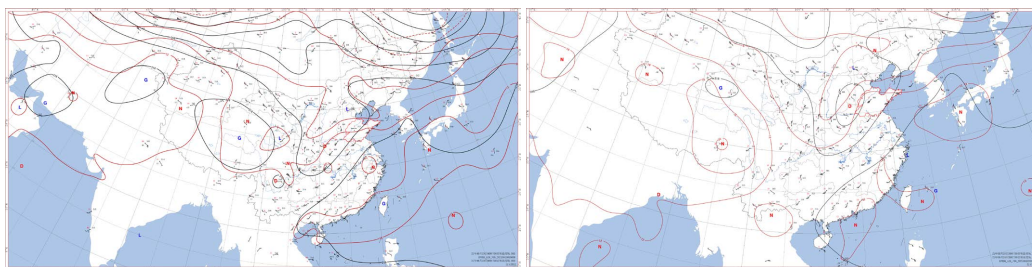


Figure 4. 700 hPa situation maps at 08:00 on September 18, 20:00 on September 18, 08:00 on September 19, and 20:00 on September 19, 2021

图 4. 2021 年 9 月 18 日 08 时、18 日 20 时、19 日 08 时、19 日 20 时 700 hPa 形势图

如图 4 所示，700 hPa 维持强盛的偏西南低空急流，急流速度最强达 20 m/s，700 hPa 低空急流且不断北推，为菏泽市暴雨提供了充足的水汽。18 日 08 时低涡位于河套底部，低涡东部的切变线伸展到了菏泽市。19 日 08 时低涡切变线继续东北方向移动，19 日 20 时低涡沿切边线继续东移北上移出菏泽市；20 日 08 时以后低涡移出山东[7]。

4.3. 850 hPa 形势分析

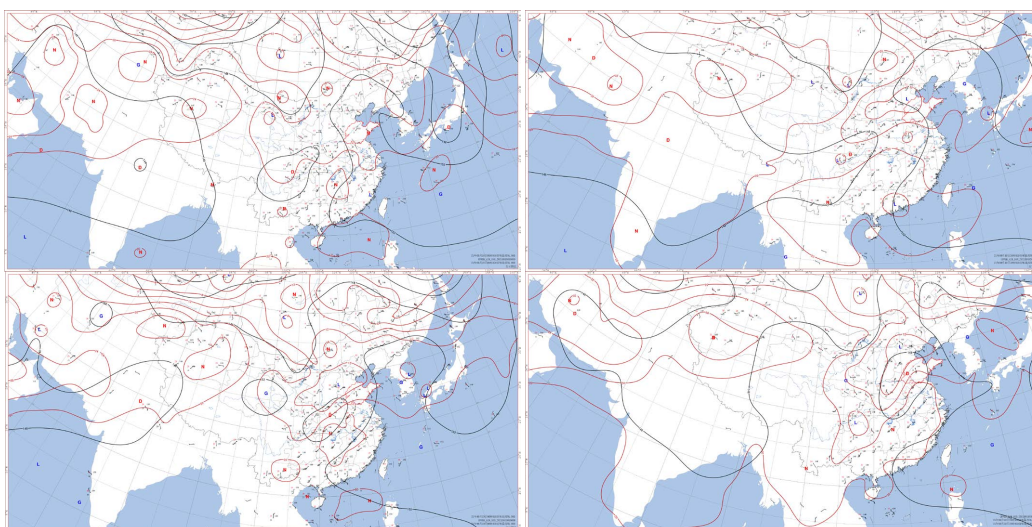


Figure 5. 850 hPa situation maps at 08:00 on September 18, 20:00 on September 18, 08:00 on September 19, and 20:00 on September 19, 2021

图 5. 2021 年 9 月 18 日 08 时、18 日 20 时、19 日 08 时、19 日 20 时 850 hPa 形势图

由图 5 可以看出，18 日 08 时 850 hPa：四川盆地西部的低压倒槽沿着切变线向东北方向移动，此时急流还未形成；到了 19 日 08 时，低涡到达河南境内，并沿着切变线向东北方向移动，低涡前部的偏西南急流加强，菏泽市位于低涡的东北象限；19 日 20 时，低涡沿切边线继续向东北方向移动，低涡移出菏泽市。

4.4. 地面形势场

从地面形势来看(见图 6)，18 日 14 时有气旋位于四川，其倒槽向东北方向伸至河南的西南部，随着高空西南气流不断增强，倒槽进一步向东北方向移动，18 日 20 时，菏泽市位于倒槽的顶部，19 日 14 时倒槽穿过菏泽市，19 日 20 时之后在黄淮流域形成气旋，受气旋影响，19 日夜间出现了大风天气[8]。

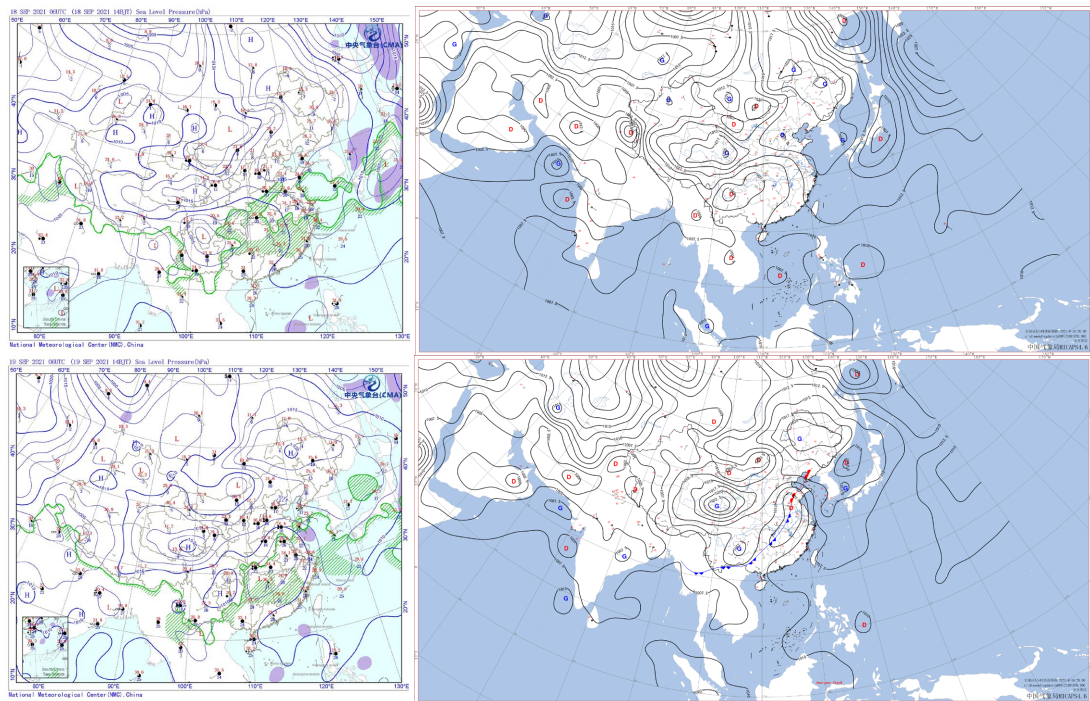


Figure 6. Ground maps at 08:00 on September 18, 20:00 on September 18, 08:00 on September 19, and 20:00 on September 19, 2021

图 6. 2021 年 9 月 18 日 08 时、18 日 20 时、19 日 08 时、19 日 20 时地面图

5. 物理量分析

5.1. 综合廓线图分析

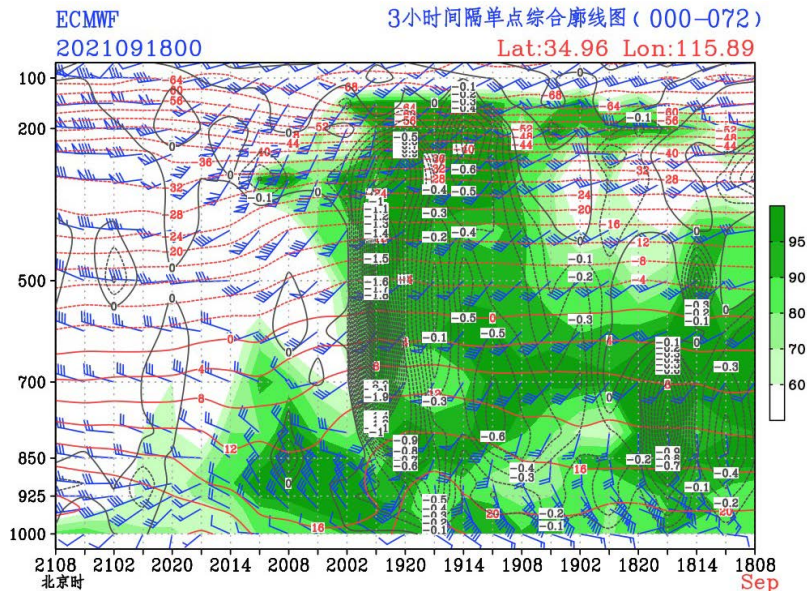


Figure 7. Comprehensive profile of single point at 3-hour intervals (Heze Station)

图 7.3 3 小时间隔单点综合廓线图(菏泽站)

强烈的上升运动是形成暴雨的必要条件之一。垂直速度是一个直观地反映上升运动强度的量度。由

图 7 可知, 18 日白天到 19 日夜间, 高中低层的湿度层深厚, 偏西南急流水汽输送明显, 具有明显的垂直上升运动, 水汽条件和动力条件都比较好, 在大的急流轴附近出现了强降水, 与小时雨强的强时段相对应[9]。

5.2. 水汽通量场分析

充足的水汽输送是暴雨形成的必要条件之一, 水汽通量就是为了定量描述水汽来源、水汽水平输送方向和强度, 从而了解形成暴雨的水汽条件而引入的[10]。在一定程度上水汽通量的大小及其增减变化可以表征一段时间可能产生降水量的大小。由图 8 可知, 18 日 20 时和 19 日 08 时水汽通量大值区位于菏泽市西南侧, 正好与低涡东侧的偏西南急流位置一致, 有明显水汽辐合, 水汽通量和风矢显示有水汽不断地向菏泽市输送, 为此次的暴雨提供了较好的水汽条件。

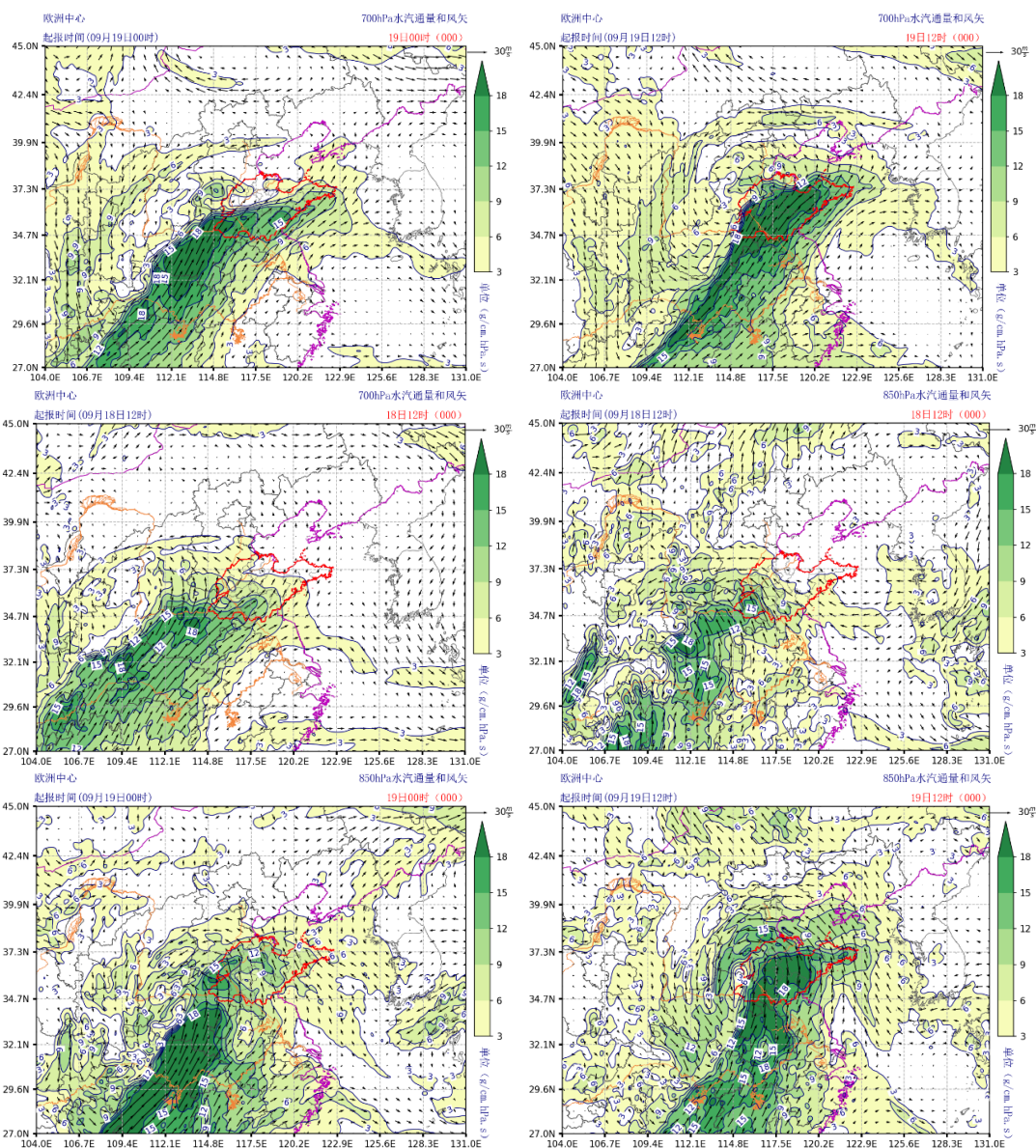


Figure 8. Water vapor flux and wind vector of 700 hPa and 850 hPa
图 8. 700 hPa 和 850 hPa 的水汽通量和风矢

5.3. 整层可降水量和比湿

由图 9 可以看出, 菏泽市有明显的水汽辐合, 整层可降水量达 64 mm。比湿表示一团由干空气和水汽组成的湿空气中的水汽质量与湿空气的总质量之比, 以 g/g 或 g/kg 为单位。850 hPa 比湿场分析来看, 菏泽市 850 hPa 比湿在 14~16 g/kg, 水汽条件非常有利于大范围暴雨的产生[11]。

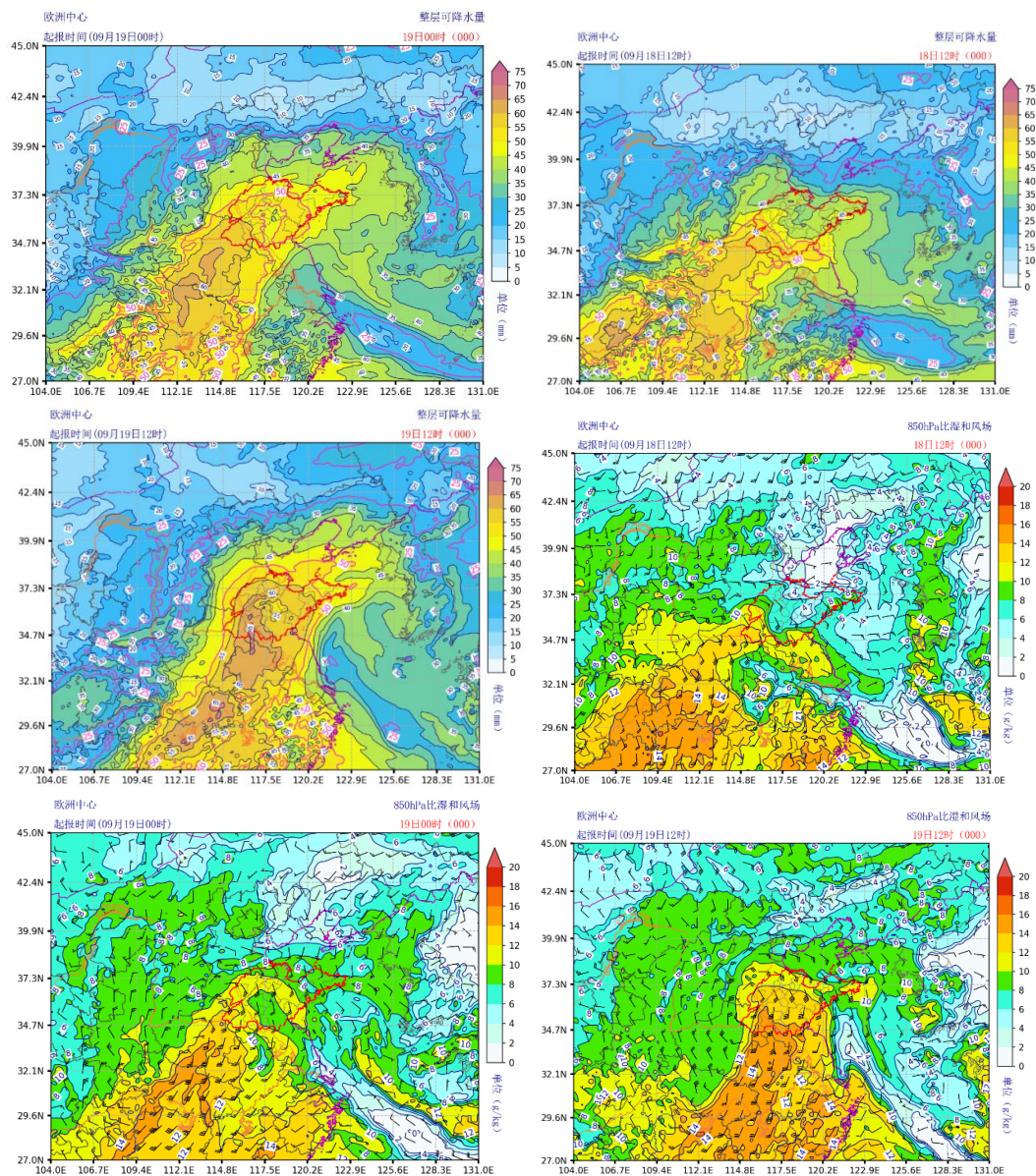


Figure 9. Precipitation and specific humidity of the whole layer

图 9. 整层可降水量和比湿

5.4. 假相当位温和 K 指数

假相当位温 θ 是气压、水汽压的和温度的函数, 表征大气的暖湿能量特征。由图 10 可以看出, 18 日 20 时假相当位温呈东北 - 西南向其大值区位于河南的西南部达 345 K, 伴随着西南暖湿急流的向北输送, 19 日 08 时假相当位温能量锋前沿到达菏泽市, 随后逐渐向北推进, 高能舌向山东伸展, 340 K 大值

区影响山东。

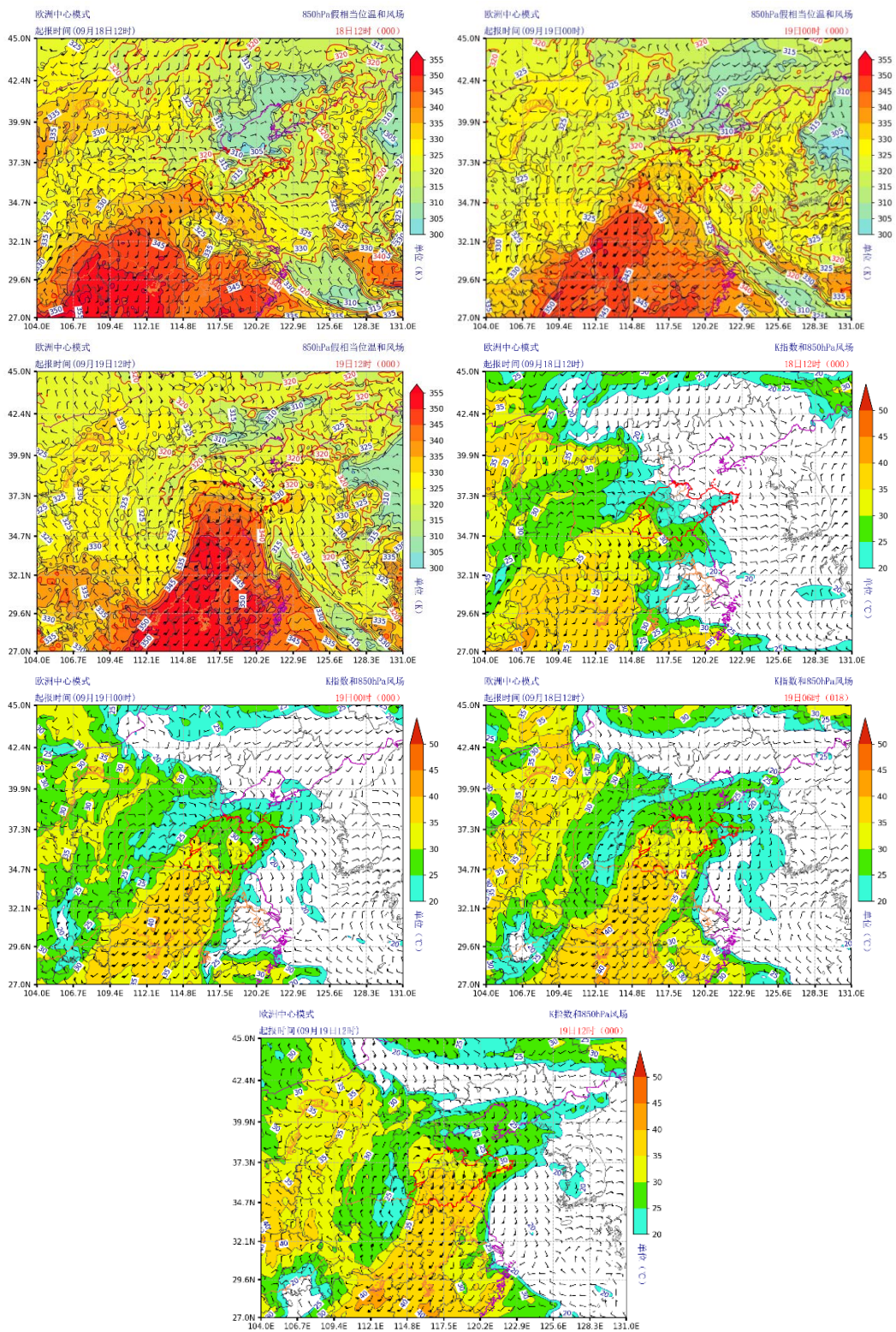


Figure 10. 850 hPa potential pseudo-equivalent temperature and K-index
图 10. 850 hPa 假相当位温和 K 指数

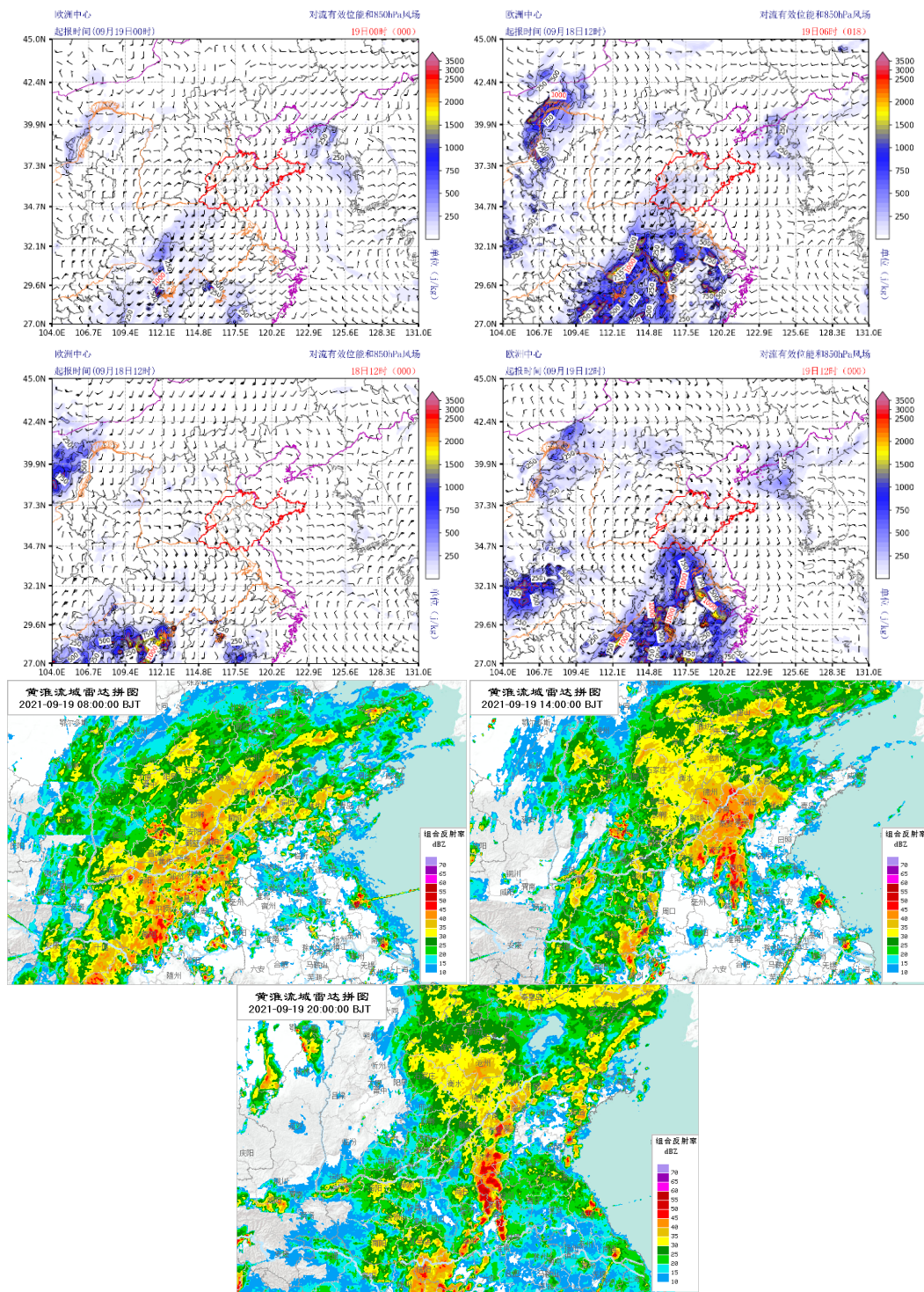


Figure 11. Evolution maps of convective effective potential energy and radar echoes
图 11. 对流有效位能和雷达回波演变图

在暴雨的分析和预报中，K 指数是一个既能反映大气稳定度，又能反映温度条件的综合性指标。一般来说，K 值愈大，潜能愈大，大气层结愈不稳定[12]。18 日 20 时和 19 日 08 时菏泽市的 K 值在 30℃ 左右，19 日 20 时，菏泽市的 K 值增大到了 35℃，虽然 K 值有所增大，但总体能量较低，因此此次的降

水主要以稳定性降水为主[13]。

由图 11 可知, 此次的降水天气过程, 对流有效位能小, 基本都在 200 J/kg 以下, 对流性不强, 主要是以稳定性降水为主。从雷达回波图上, 我们可以看到降水面积非常大, 并且没有消弱的迹象, 并且缓慢的自西向东移动, 形成比较稳定的过程性降水, 并没有出现明显的辐合或者辐散等强对流降水特征, 整个降水过程基本主要以混合降水回波为主, 并未产生强的对流活动。

6. 暴雨天气影响评价

这次暴雨过程造成了严重的内涝灾害。就降水量和暴雨影响范围而言, 是比较严重的, 由于当前全市降雨量持续偏多, 同时受前期几次强降水的影响, 土壤湿度长时间处于饱和状态, 降水不能及时下渗, 造成田间大面积积水, 形成严重涝灾, 低洼处积水深度达到 40 厘米左右, 将给处在产量形成关键期的秋作物产量和品质造成一定损失。

7. 暴雨对农业影响评价

7.1. 暴雨对农业的影响

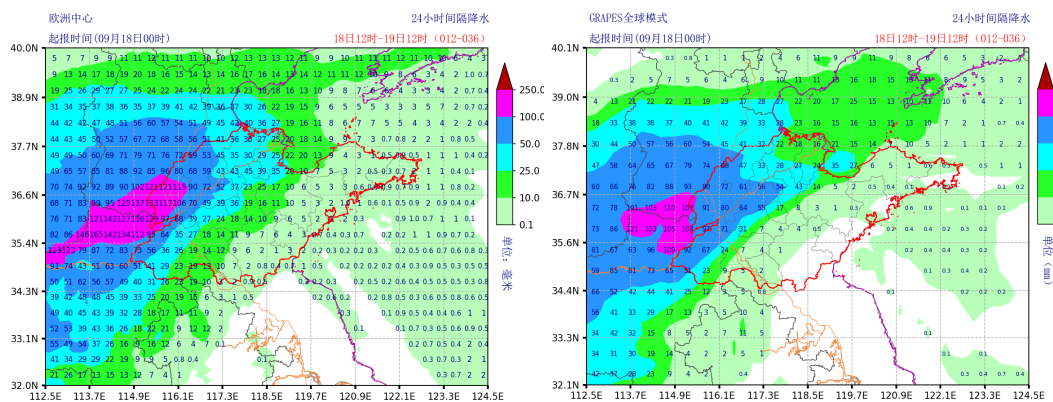
这次暴雨天气过程带来了大量的降水, 造成全市绝大部分农田地区积水过深, 严重影响菏泽市秋作物生长和农作物产量。

目前菏泽市大部分地段的玉米处于乳熟~成熟期, 大豆处于鼓粒~成熟期, 花生处于饱果~成熟期, 阴雨天气将造成秋作物的光合产物减少, 对秋作物的灌浆成熟较为不利, 最终影响秋作物的产量; 由于前期土壤湿度偏湿, 进而导致秋作物根系缺氧、茎叶早衰, 同时也容易滋生各种病虫害。菏泽市的棉花正处于裂铃吐絮期, 强降水天气和阴雨天气容易引起落蕾、落花, 进而影响棉花的品质和产量。

7.2. 农事建议

建议天晴后调动一切力量搞好抗灾排涝, 应当及时排除田间积水, 降低土壤湿度, 以便达到增强农作物根系活力, 积极组织生产自救, 力争把灾害损失降到最低。夏玉米已成熟的秋作物田块, 建议在不影响小麦适时播种的情况下可适当推迟收获期, 以提高产量, 绿色叶片较多的玉米应当及早摘除枯叶, 以改善田间通风透光条件, 延长灌浆时间。棉花应当及时整枝打叶, 并保持田间通透。绿色叶片较多的玉米应当根据生长状况及时补施有机肥, 以提高光合效率, 减少光照不充足的危害。加强病虫害防治。降水过后, 土壤湿度过大, 容易滋生病虫害。各地应密切关注病虫害发展情况, 及时施药防治, 适当延长收获期。2021 年夏玉米发育期较常年略有推迟, 成熟期后延, 可根据实际情况, 适当推迟收获期, 以提高最终收获产量。

8. 数值预报检验



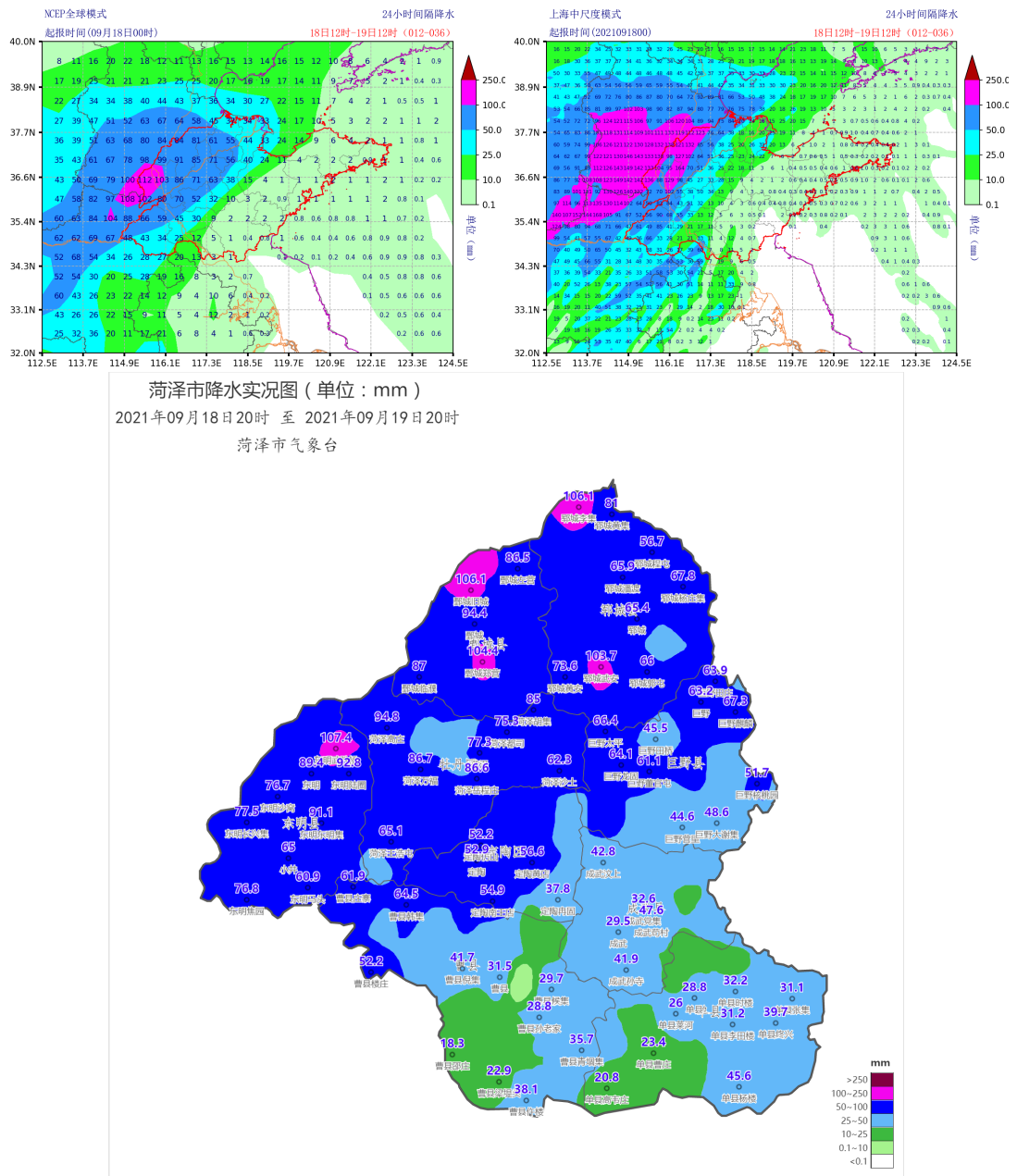


Figure 12. Comparison between numerical forecast model and actual situation
图 12. 数值预报模式和实况对比图

数值预报产品对强降水的预报具有一定的指导作用，各家数值模式对此次降雨过程预报较好(见图 12)，EC 模式、NCEP 模式、GRAPES 全球模式、上海中尺度模式对降水落区的掌握都比较准确，但预报的降水量级较实况偏弱，EC 预报的大暴雨落区较实况偏北，整体来看，GRAPES 全球模式对这次降雨过程的强度和落区预报效果最好。

9. 结论与讨论

受高空槽和低空急流共同影响，9 月 18 日至 19 日菏泽市自西向东出现暴雨局地大暴雨天气。9 月 18~19 日暴雨过程中，500 hPa 菏泽市处在副高边缘、高空槽东移、850 hPa 低涡切变线东移北抬，地面

倒槽发展成气旋,受气旋影响,出现大风天气,气旋中心穿过山东。数值预报产品对强降水的预报具有一定的指导作用,各家数值模式对此次降雨过程预报较好。

天气雷达回波图能准确地反映天气系统的移动、发展情况,通过对雷达图像产品的分析可以有效地判断系统的移动方向及强降水的范围,是可靠的预报工具。

这次暴雨过程造成了一定的内涝灾害,就降水量和暴雨影响范围而言,是一次比较大的降水过程,同时受前期几次强降水叠加的影响,有多条内河河流超过警戒水位,对农业生产和多项基础设施造成了严重的影响。

基金项目

山东省气象局引导类项目“菏泽市暴雨气候特征及灾害风险评估”(2023SDYD36)。

参考文献

- [1] 陈楠,黄玉芳,马慧妍.鲁西南地区主要气象灾害时空分布特征分析[J].中国农学通报,2018,34(8):83-89.
- [2] 陈楠.菏泽市气象灾害风险评估与区划研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(2):257-261.
- [3] 张远.河南省大暴雨预报方法研究[D]:[硕士学位论文].兰州:兰州大学,2012.
- [4] 张远.河南省1961-2010年暴雨日数的时空分布特征[J].气象与环境科学,2014,37(1):103-106.
- [5] 常姝婷,苏亚乔,白雪,温舟,汪兵,张放.2021年辽宁西部两次暴雨过程典型特征对比[J].沙漠与绿洲气象,2024,18(2):52-60.
- [6] 覃皓,刘乐,农孟松,黄伊曼,屈梅芳.广西一次持续性暴雨过程中低空急流的作用及其特征[J].暴雨灾害,2023,42(6):640-647.
- [7] 李丽,方韵.2017年6月24日与7月1日两次典型暴雨对比分析[J].气候变化研究快报,2018,7(4):297-307.
- [8] 张入财,田金华,陈超辉,等.郑州“7·20”特大暴雨极端性成因分析[J].气象与环境科学,2022,45(2):52-64.
- [9] 邓安,曾妮,刘思洋,蒙军,方鹏.贵州中南部一次暴雨过程分析[J].自然科学,2022,10(5):821-827.
- [10] 寿邵文,朱乾根,林锦瑞,唐东昇.天气学原理和方法(第四版)[M].北京:气象出版社,2000.
- [11] 郑丽娜,王媛,张子涵.2019年台风利奇马引发山东特大暴雨成因分析[J].气象科技,2021,49(3):437-445.
- [12] 张振清,陈燕.暴雨的多维场相似预报方法及应用[J].河南气象,1998(S1):42-43.
- [13] 德青旺姆,丹增扎巴.拉萨市东北部一次暴雨过程分析[J].气候变化研究快报,2016,5(3):155-163.